



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 46 614 A1** 2004.04.15

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 102 46 614.9  
(22) Anmeldetag: 07.10.2002  
(43) Offenlegungstag: 15.04.2004

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **F16S 1/06**  
C25D 3/44, C23C 2/12, C23C 2/40,  
B62D 65/00

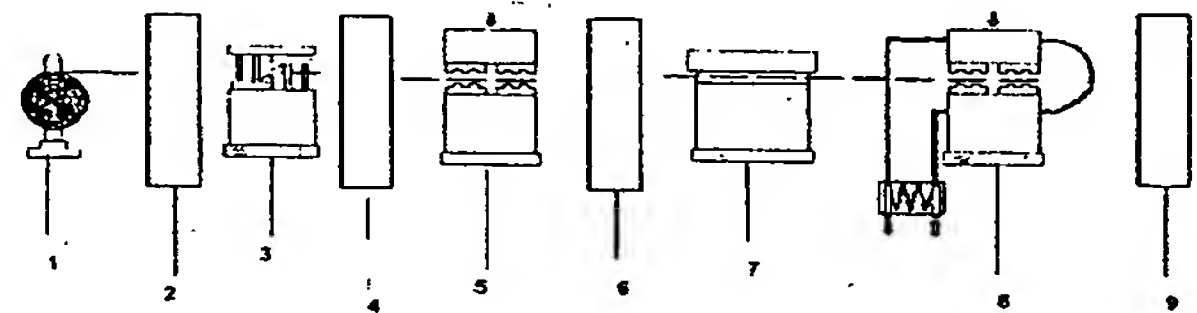
(71) Anmelder:  
Benteler Automobiltechnik GmbH, 33102  
Paderborn, DE

(72) Erfinder:  
Tröster, Thomas, Dr., 33154 Salzkotten, DE;  
Reinhold, Patrick, Dr., 59425 Unna, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines beschichteten Strukturbauteils für den Fahrzeugbau**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines beschichteten Strukturbauteils für den Fahrzeugbau, bei welchem zunächst ein Band oder eine aus dem Band entnommene Platine aus härtbarem Stahl mittels eines galvanischen Beschichtungsverfahrens in organischer nichtwässriger Lösung mit Metall oder einer Metalllegierung beschichtet, dann die aus dem Band entnommene Platine durch Kaltformen vorkonfiguriert und anschließend warmgeformt und gehärtet wird. Alternativ wird vorgeschlagen, die Platine zunächst durch Kaltformen vorkonfigurieren und dann vor dem Warmformen mittels des oben genannten Beschichtungsverfahrens zu beschichten.



**Beschreibung**

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines mit einer Beschichtung aus Metall oder einer Metalllegierung versehenen Strukturbauteils für den Fahrzeugbau aus einem Band oder einer Platine aus härtbarem Stahl als Grundwerkstoff mit einem Warmformprozess.

[0002] Strukturbauteile für den Fahrzeugbau sind beispielsweise Stoßfänger, Seitenaufprallträger oder Türsäulen. Zur Herstellung dieser Strukturbauteile hat sich ein mit Metall beschichteter härtbarer Stahl als vorteilhaft erwiesen. Dabei soll die Beschichtung den Stahl sowohl während des Warmform- und des Härteprozesses vor Oxidation und Entkohlung schützen als auch beim fertigen Strukturbauteil einen Korrosionsschutz gewährleisten. Aus der EP 1 013 785 A1 ist ein Verfahren bekannt, bei dem ein gewalztes Stahlband mit Metall oder einer Metalllegierung durch ein Tauchverfahren beschichtet, eine Platine aus diesem Stahlband entnommen, einer Temperaturerhöhung zur Einleitung eines Umformprozesses unterzogen, dadurch eine intermetallische Phase auf der Oberfläche zum Schutz des Stahls gegen Korrosion und Entkohlung geschaffen, eine Umformung ausgeführt und das umgeformte Bauteil zur Härtung abgeschreckt wird.

[0003] Hierbei ist jedoch problematisch, dass Strukturbauteile häufig nicht in einem einzigen Umformschritt umgeformt werden können, so dass die ersten Umformschritte durch ein Kaltformen herbeigeführt werden müssen. Bei einer Tauchbeschichtung des Ausgangsmaterials, sei es ein Stahlband oder eine bereits zugeschnittene oder ausgestanzte Platine, mit Metall oder einer Metalllegierung wird das Band oder die Platine in flüssiges Beschichtungsmaterial getaucht. Aufgrund der hohen Temperatur des Tauchbades kommt es hierbei bereits zur Ausbildung einer intermetallischen Phase zwischen dem Stahl und der Beschichtung durch Diffusion. Hierbei bildet sich zwischen dem Stahl als Grundwerkstoff und der metallischen Schutzschicht als Beschichtung eine Legierungsschicht bzw. Zwischenschicht aus Eisen und dem Beschichtungsmaterial. Sowohl der Grundwerkstoff als auch die Beschichtung lassen sich gut kaltformen, die Legierungsschicht zwischen dem Stahl und der Beschichtung ist jedoch hart und spröde und kann beim Kaltformen reißen. Dadurch können sich Mikrorisse bilden bis zu dem Grad, dass sich die Beschichtung selbst vom Grundwerkstoff ablöst und somit ihre Schutzfunktion verliert.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es daher, ausgehend vom Stand der Technik ein Verfahren vorzuschlagen, mit welchem auch komplizierte Konfigurationen eines Strukturbauteils aus mit Metall beschichtetem härtbarem Stahl für den Fahrzeugbau bereit gestellt werden können.

[0005] Diese Aufgabe wird mit den in den Patentansprüchen 1 oder 2 angegebenen Merkmalen gelöst.

[0006] Die Lösung nach Anspruch 1 sieht vor, dass

zunächst auf einem Band oder einer Platine aus härtbarem Stahl als Grundwerkstoff eine Beschichtung aus Metall oder einer Metalllegierung mittels eines galvanischen Beschichtungsverfahrens in organischer nichtwässriger Lösung aufgebracht wird.

[0007] Elektrochemische (galvanische) Beschichtungsverfahren beruhen auf der Abscheidung von Metallen aus salzhaltigen Lösungsmitteln auf einem Substrat. Zwei Elektroden, das Substrat als Kathode und das Beschichtungsmaterial als Anode, werden in einer geeigneten Elektrolytlösung eingetaucht. Als Substrat wird hierbei das Band oder die Platine aus härtbarem Stahl verwandt. Ein besonders gut geeignetes und daher bevorzugtes Beschichtungsmaterial ist Aluminium oder eine Aluminiumlegierung. Alternativ eignet sich auch Zink oder eine Zinklegierung.

[0008] Wird das Beschichtungsverfahren in einer organischen nichtwässrigen Lösung durchgeführt, entfällt die Bildung von Wasserstoff, die sonst bei härtbaren Stählen zu einer unerwünschten Wasserstoffversprödung des Stahls führt. Bei einer Beschichtung mit Aluminium beispielsweise werden neben einer Anzahl von Aluminiumhalogenid- und -hydridlösungen in Aromaten und Ethern Elektrolyten mit Aluminiumalkylkomplexen verwandt. Bei letzteren werden zwei Aluminiumatome durch Alkyle (R) wie Methyl, Ethyl, Propyl oder Butyl und Fluor in einem linearen Molekül der allgemeinen Formel  $KF_2AlR_3$  gebunden. Im aromatischen Lösungsmittel Toluol bilden sich Molekülionen, die bei 100° C die für die Galvanik notwendige elektrische Leitfähigkeit von ca. 25 mS·cm<sup>-1</sup> erzeugen.

[0009] Durch eine nichtwässrige Vorbehandlung des Bandes oder der Platine vor dem eigentlichen Beschichtungsvorgang kann eine Feinentfettung entfallen. Sodann wird das Band oder die Platine über eine mit Stickstoff geflutete Vakuumschleuse in die mit Stickstoff beaufschlagte Behandlungskammer geführt, in der Vorbehandlungsbäder, Zwischenspülbäder, die Aluminierzelle und das Ausfuhrwaschbad untergebracht sind. Wenn die Vorbehandlung und die Aluminierung unter Stickstoffatmosphäre durchgeführt werden, kann sich nach der Vorbehandlung keine, die Haftung vermindernende Oxidschicht auf den zu beschichtenden Teilen bilden und die im Aluminierbad verwendeten Aluminiumalkylkomplexe können nicht mit Luftfeuchtigkeit und Sauerstoff zu inaktiven Nebenprodukten wie beispielsweise Aluminiumhydroxide, Alkoholate und Alkane abreagieren. Nach der Vorbehandlung und den Zwischenspülungen werden die zu beschichtenden Teile in die Aluminierzelle eingesetzt. Die Aluminierung wird unter Verwendung von Umpolstrom bei etwa 100° C durchgeführt. Unlösliche Aluminiumanodenbestandteile werden kontinuierlich aus den Elektrolyten gefiltert, um eine glatte Aluminiumabscheidung zu sichern. Aus dem Toluoldampf in der Zelle gewinnt man durch Kondensation reines Toluol, welches die Elektrolytkonzentration im Ausfuhrwaschbad niedrig hält. Nach dem Beschichtungsprozeß werden die Teile in einem Spülbad von

Elektrolytresten gereinigt. Die Produkte verlassen die Beschichtungsanlage über eine Vakuumschleuse.

[0010] Bei dem beschriebenen galvanischen Beschichtungsverfahren wird die Oberfläche des Grundwerkstoffs nicht aufgeschmolzen. Der Stahl als Grundwerkstoff erwärmt sich nur unwesentlich, eine intermetallische Phase zwischen dem Grundwerkstoff und der Beschichtung bildet sich aufgrund des relativ geringen Wärmeeintrags in den Stahl nicht aus. Auch eine Wasserstoffversprödung tritt nicht ein.

[0011] Da erst die intermetallische Phase zu einer Legierungsschicht zwischen dem Stahl und der Beschichtung führt, die sich nicht oder nur schlecht kaltformen lässt, kann eine Platine, die mittels eines galvanischen Verfahrens in organischer nichtwässriger Lösung beschichtet worden ist oder aus einem derart beschichteten Band entnommen wurde, anschließend in einem oder mehreren Schritten bis in die Nähe der Endform kalt umgeformt werden, wobei die Beschichtung ohne sich zu lösen und damit ohne Verlust ihrer Schutzfunktion erhalten bleibt.

[0012] Im anschließenden Warmformprozess wird das vorgeformte Strukturbauteil in einem oder mehreren Schritten warm umgeformt, auf über  $A_{c_3}$ -Temperatur erwärmt und durch Abschrecken gehärtet. Bevorzugt wird hierbei die Härtung gleichzeitig mit dem letzten Umformschritt im Werkzeug ausgeführt.

[0013] Mit der Erwärmung bildet sich die intermetallische Phase zwischen dem Grundwerkstoff und der Beschichtung aus. Bei einer Beschichtung mit Aluminium oder einer Aluminiumlegierung diffundieren beispielsweise Aluminiumatome in die Stahloberfläche und Eisenatome in die Aluminiumbeschichtung. Dadurch bildet sich zwischen dem Stahl und der Aluminiumbeschichtung eine Legierungsschicht, die die gesamte Oberfläche des Grundwerkstoffs ohne Lücken und Risse überzieht und die ein Abschmelzen der Beschichtung während des Warmform- und Härteprozesses verhindert. So ist das vorgeformte Strukturbauteil während des Warmform- und Härteprozesses vor Oxidation und Entkohlung sowie das endgeformte und gehärtete Strukturbauteil vor Korrosion geschützt.

[0014] Alternativ kann gemäß Anspruch 2 die Platine aus härtbarem Stahl zunächst bis in die Nähe der Endform des Strukturbauteils kalt umgeformt werden, da während der Kaltformung mangels Wärmeeintrags keine Oxidation oder Entkohlung auftritt. Anschließend wird das vorgeformte Strukturbauteil mit einem galvanischen Beschichtungsverfahren in organischer nichtwässriger Lösung mit Metall oder einer Metalllegierung beschichtet. Im sich daran anschließenden Warmform- und Härteprozess, der bevorzugt zeitgleich mit dem letzten Umformschritt im Werkzeug stattfindet, bildet sich durch die Erwärmung des vorgeformten Strukturbauteils die intermetallische Phase aus, was zu einer Legierungsschicht zwischen dem Stahl und der Beschichtung führt, die die Oberfläche des Strukturbauteils ohne Lücken und Risse überzieht und das vorgeformte Strukturbauteil wäh-

rend des Warmform- und Härteprozesses vor Oxidation und Entkohlung sowie das endgeformte und gehärtete Strukturbauteil vor Korrosion schützt.

[0015] Der Vorteil von Alternative 2 besteht darin, dass die Beschichtung erst dann auf das bereits vorgeformte Strukturbauteil aufgebracht wird, wenn ihre Schutzfunktion mit dem Beginn des Warmformprozesses erstmalig gebraucht wird. Nachteilig kann sein, dass das vorgeformte Strukturbauteil aufgrund seiner nunmehr dreidimensionalen geometrischen Form beispielsweise im Falle von Hinterschneidungen schwieriger zu beschichten ist. Das vorgeformte Strukturbauteil kann aufgrund seiner Form einen sogenannten faradayschen Käfig bilden, bei dem der Strom an den Außenseiten des Strukturbauteils abgeleitet wird, ohne dass sich an den Innenseiten eine Beschichtung ausbildet. Welche der in Anspruch 1 und 2 beschriebenen Alternativen bevorzugt zur Anwendung kommt, hängt somit von der Endform des zu fertigenden Strukturbauteils und der darauf abgestimmten Prozesskette ab.

[0016] Für beide erfindungsgemäßen Alternativen gilt aber, dass jetzt auch Strukturbauteile mit komplizierten Endformen ohne weiteres aus mit Metall oder einer Metalllegierung beschichtetem härtbarem Stahl hergestellt werden können, ohne dass mit Beschädigungen der Beschichtung während des Umformvorgangs gerechnet werden muss. Dadurch können kostspielige und aufwendige Reinigungsprozesse des endgeformten Strukturbauteils sowie eine nachgeschaltete Beschichtung zum Korrosionsschutz entfallen.

[0017] Nachfolgend ist die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher beschrieben. Als Grundwerkstoff wird eine Platine aus einem Stahlband der folgenden Zusammensetzung in Gewichtsprozent ausgedrückt ausgestanzt:

Kohlenstoff:	0,22–0,25 %
Mangan:	1,20–1,40 %
Silizium:	0,20–0,30 %
Chrom:	0,10–0,20 %
Titan:	0,020–0,050 %
Aluminium:	0,020–0,060 %
Phosphor:	max. 0,020 %
Schwefel:	max. 0,010 %
Bor:	0,0020–0,0035 %
Kupfer:	max. 0,10 %
Nickel:	max. 0,30 %
Molybdän:	max. 0,35 %

[0018] Rest Eisen einschließlich erschmelzungsbedingter Verunreinigungen.

[0019] Die Platine wird mittels eines galvanischen Beschichtungsverfahrens in einer organischen nichtwässrigen Lösung aus KF (1,5 AlEt<sub>3</sub>, 0,25 Al-i-Bu<sub>3</sub>, 0,25 AlMe<sub>3</sub>). C<sub>7</sub>H<sub>8</sub> bei einer Abscheidetemperatur von 100° C und einer Abscheidespannung von 5–30 V sowie einer Abscheiderate von 12 µm bei 1 A/dm<sup>2</sup> mit einer Galvano-Aluminium-Beschichtung be-



schichtet.

[0020] Nach dem Beschichten wird die beschichtete Platine in einer oder mehreren Pressen in einer oder mehreren Stufen kalt bis in die Nähe der Endkonfiguration vorgeformt. Mögliche endgeformte Bauteile sind beispielsweise A- und B-Säulen, Stoßfänger und Komponenten des Seitenaufprallschutzes von Kraftfahrzeugen. Das vorkonfigurierte Bauteil wird anschließend vorzugsweise bis auf Temperaturen zwischen 800° und 1100° C erwärmt. Während der Wärmebehandlung entsteht an der Oberfläche des Grundwerkstoffs eine intermetallische Phase, die sich aus den Elementen der Beschichtung und des Grundwerkstoffs zusammensetzt und der Beschichtung die nötige Haftfähigkeit verleiht. Direkt nach der Erwärmung wird das Bauteil in einer weiteren Presse durch eine Warmumformung in die Endform gebracht und gleichzeitig durch Abschrecken im Werkzeug gehärtet. Da der letzte Umformschritt bedingt durch die Vorkonfiguration nur noch einen vergleichsweise geringen Umformgrad bewirkt, entstehen in der im Verhältnis spröden Legierungsschicht keine Risse, die die Schutzfunktion der Beschichtung beeinträchtigen könnten. Da die erhaltenen Schichtdicken homogen und verhältnismäßig dünn ausfallen, sind sie gut schweißbar. Zudem kann die Schichtdicke praktisch beliebig gewählt werden.

[0021] Die einzige Figur beschreibt schematisch die möglichen Prozeßabläufe des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0022] Dabei sind insbesondere die verschiedenen Möglichkeiten zur Integration des Beschichtungsprozesses (2, 4, 6, 9) in den Herstellungsprozess eines beschichteten und warmgeformten Strukturbauteils dargestellt. Ein von einem Coil (1) abgewickelter Band aus härtbarem Stahl kann vor einer Platinenentnahme mit einem galvanischen Beschichtungsverfahren in organischer nichtwässriger Lösung beschichtet werden (2). Sodann wird dem Band eine Platine entnommen (3). Ebenso ist es möglich das Beschichtungsverfahren nicht an Stelle 2, sondern nach der Platinenentnahme an Stelle 4 in der Prozeßkette durchzuführen. Sodann wird die beschichtete Platine in einer Presse 5 kalt vorgeformt, durchläuft einen Ofen 7, wo sie auf über Austenitisierungstemperatur erwärmt wird, und wird in einer gekühlten Presse 8 in die Endform gebracht und gehärtet.

[0023] Alternativ dazu kann eine aus dem Coil 1 durch Ausschneiden (3) entnommene Platine zunächst in einer Presse 5 kalt vorgeformt und nach dieser Kaltvorformung an der Stelle 6 mit einem galvanischen Beschichtungsverfahren in organischer nichtwässriger Lösung beschichtet werden. Wenn dieses beschichtete vorgeformte Teil den Ofen 7 durchläuft, bildet sich aufgrund des Wärmeeintrags die intermetallische Phase zwischen Beschichtung und Grundwerkstoff aus, die ein Abschmelzen der Beschichtung während des Erwärmungsprozesses im Ofen 7 und der anschließenden Endformgebung und Härtung in der gekühlten Presse 8 verhindert.

[0024] Selbstverständlich kann eine galvanische Beschichtung in organischer nichtwässriger Lösung auch nach Abschluss des Warmformprozesses und der Härtung in der gekühlten Presse 8 vorgenommen werden (9). Hierbei muss das warmgeformte und gehärtete Strukturbauteil allerdings zunächst gereinigt und von Zunder befreit werden. Die Schutzfunktion, die die Beschichtung während der Ofenerwärmung (7) als Schutz vor Verzunderung und Entkohlung des Strukturbauteils übernehmen soll, entfällt in diesem Fall.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines mit einer Beschichtung aus Metall oder einer Metalllegierung versehenen Strukturbauteils für den Fahrzeugbau aus einem Band oder einer Platine aus härtbarem Stahl als Grundwerkstoff mit einem Warmformprozess, dadurch gekennzeichnet, dass zunächst auf dem Band oder der Platine mittels eines galvanischen Beschichtungsverfahrens in organischer nichtwässriger Lösung eine hitze- und korrosionsbeständige Oberflächenschicht aus Metall oder einer Metalllegierung aufgebracht wird, anschließend eine aus dem so beschichteten Band entnommene Platine oder die so beschichtete Platine kalt umgeformt und in dem nachfolgenden Warmformprozess in die Endform konfiguriert und gehärtet wird.

2. Verfahren zur Herstellung eines mit einer Beschichtung aus Metall oder einer Metalllegierung versehenen Strukturbauteils für den Fahrzeugbau aus einer Platine aus härtbarem Stahl als Grundwerkstoff mit einem Warmformprozess, dadurch gekennzeichnet, dass zunächst die Platine bis in die Nähe der Endform des Strukturbauteils durch Kaltumformen vorkonfiguriert wird, anschließend auf dem vorgeformten Strukturbauteil mittels eines galvanischen Beschichtungsverfahrens in organischer nichtwässriger Lösung eine hitze- und korrosionsbeständige Oberflächenschicht aus Metall oder einer Metalllegierung aufgebracht wird und das Strukturbauteil in einem nachfolgenden Warmformprozess in die Endform konfiguriert und gehärtet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung besteht.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung aus Zink oder einer Zinklegierung besteht.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Härteprozess zeitgleich in Verbindung mit dem letzten Warmformprozess im Werkzeug stattfindet.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

DE 102 46 614 A1 2004.04.15

Anhängende Zeichnungen

